

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011002529 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1996-499478/199650

XRPX Acc No: N96-421292

Projection exposure apparatus for semiconductor device e.g. CCD, liquid panel display mfr - controls wavelength changing system wrt pressure sensor output to compensate for change in ratio of refractivity due to pressure change

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Inventor: SATO H; SHINONAGA H

Number of Countries: 006 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 742492	A1	19961113	EP 96303255	A	19960509	199650 B
JP 8305034	A	19961122	JP 95135894	A	19950509	199706
US 5838426	A	19981117	US 96643924	A	19960507	199902
KR 200384	B1	19990615	KR 9615174	A	19960509	200060
JP 3402850	B2	20030506	JP 95135894	A	19950509	200330

Priority Applications (No Type Date): JP 95135894 A 19950509

Cited Patents: 2.Jnl.Ref; EP 302124; JP 63045875; JP 63302519; US 4690528; US 4961001; US 5105075

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 742492 A1 E 18 G03F-007/20

Designated States (Regional): DE GB NL

JP 8305034 A 13 G03F-007/20

US 5838426 A G03B-027/68

KR 200384 B1 G03F-007/20

JP 3402850 B2 12 G03F-007/20 Previous Publ. patent JP 8305034

Abstract (Basic): EP 742492 A

The apparatus has an illumination system (24) and a projection optical system (5) which projects a pattern of a reticle (1) onto a wafer (9). The optical system has a refraction lens system (6,7) and a wavelength changing system comprising a wavelength selector (29,30), wavelength angle detector (31) and a actuation control system (32). A pressure sensor (19) detects a change in pressure.

A microprocessor (23) controls the changing system on the basis of the pressure sensor output to compensate for a change in ratio of refractivity between an atmosphere and the refraction optical element due to a change in pressure.

ADVANTAGE - Corrects easily any change in optical performance due to pressure change at location.

Dwg.1/6

Title Terms: PROJECT; EXPOSE; APPARATUS; SEMICONDUCTOR; DEVICE; CCD; LIQUID ; PANEL; DISPLAY; MANUFACTURE; CONTROL; WAVELENGTH; CHANGE; SYSTEM; PRESSURE; SENSE; OUTPUT; COMPENSATE; CHANGE; RATIO; REFRACT; PRESSURE; CHANGE

Derwent Class: P82; P84; U11

International Patent Class (Main): G03B-027/68; G03F-007/20

International Patent Class (Additional): G03B-027/42; G03B-027/72;

G03F-007/207; H01L-021/027

File Segment: EPI; EngPI

?

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-305034

(43)公開日 平成8年(1996)11月22日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
7/207			7/207	H
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 G
				5 1 6 A
				5 1 6 F
審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 13 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-135894

(22)出願日 平成7年(1995)5月9日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 篠永 浩彦

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

(72)発明者 佐藤 洋

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

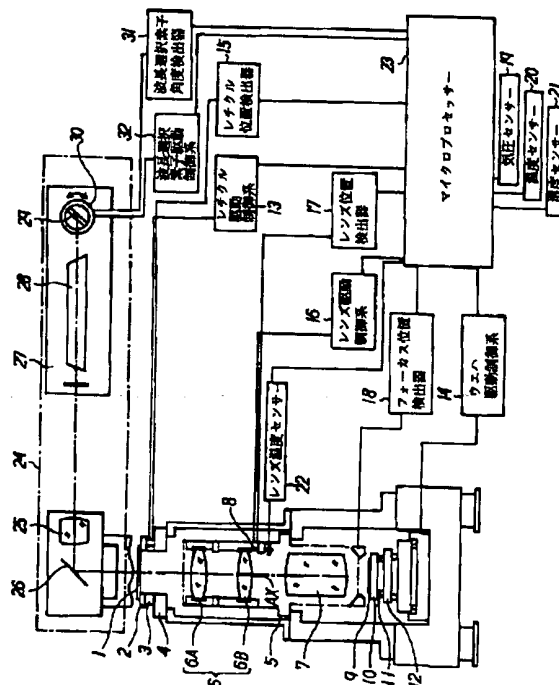
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

(57)【要約】

【目的】 気圧変動があってもレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に高い光学性能を有して投影することのできる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を得ること。

【構成】 第1物体のパターンを投影光学系により第2物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の確保の相対屈折率の変化を補正するように前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有すること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体のパターンを投影光学系により第2物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有する投影露光装置。

【請求項2】 前記第1物体のパターンを投影する時の投影倍率を調整する倍率調整手段を有することを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項3】 前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は／及び前記投影光学系と前記第1物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えることを特徴とする請求項2の投影露光装置。

【請求項4】 前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間を外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は／及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えることを特徴とする請求項2の投影露光装置。

【請求項5】 前記投影光学系は単一の硝材より成るレンズ系を有していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項6】 請求項1乃至請求項5の何れかの投影露光装置を用いてレチクルのデバイスのパターンを基板上に転写する段階を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法に関し、特にIC、LSI等の半導体デバイスやCCD等の撮像デバイス、そして液晶パネル等の表示デバイス等を製造する際にレチクル面上の電子回路パターンをウエハ面上に投影光学系により投影するときに環境変化に伴って変化するフォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、歪曲収差、そして投影倍率誤差等の光学性能を良好に補正し、高精度な投影パターン像が得られるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、IC、LSI等の半導体デバイスの高集積化に対する要求に応じて、その高集積化がますます加速度を増している。マスク（レチクル）の回路パターン像を投影光学系により感光基板上に形成し、感光基板をステップアンドリピート方式で露光する縮小型の投影露光装置（ステッパー）においても解像度の向上の為に様々な改良がなされている。

【0003】 レチクル面上のパターンをウエハ面上に縮

小投影する投影光学系の光学性能（結像倍率や結像性能）は環境変化、例えば気圧変化により種々と変化してくる。最近の高解像力が要望されている投影露光装置では、気圧の変化により発生する光学性能の誤差は大きな問題点となっており、この光学性能の誤差を補正して投影することが重要になっている。

【0004】 本出願人は特開平4-30411号公報において、照明系からの光束で照明された第1物体面上のパターンを投影光学系を介して第2物体面上に投影する際、該投影光学系の少なくとも一つのレンズ系を光軸方向に移動させるか又は／及び該投影光学系と該第1物体とを相対的に光軸方向に移動させるようにした駆動手段と、該照明系からの光束の発振波長を変化させる波長可変手段とを利用して、該第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影する際の投影倍率と歪曲収差を調整した投影露光装置を提案している。

【0005】 又、特開平4-30412号公報において、照明系からの光束で照明された第1物体面上のパターンを投影光学系を介して第2物体面上に投影する際、該投影光学系のレンズ系中の少なくとも一つの空間を外気から遮断し、該空間内の気圧又は／及び該空間内の気体の成分等を調整する気圧調整手段と、該照明系からの光束の発振波長を変化させる波長可変手段とを利用して、該第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影する際の投影倍率と歪曲収差を調整した投影露光装置を提案している。

【0006】 投影光学系の光学性能のうち、投影倍率誤差と歪曲収差誤差は所望の格子点と投影パターンの格子点との差として現れるものであり、電子回路パターンが形成されているレチクルとウエハを重ね合わせる際のマッチング精度に大きく影響を与える要素となっている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 最近の投影露光装置では、回路パターンの微細化と高集積化に伴って投影光学系のNA（レンズの開口数）や一度に投影露光できる範囲、所謂画面サイズが大きくなる傾向があり、例えばNAが0.6前後、画面サイズが $\square 22\text{mm}$ の投影光学系が使用されるようになってきている。このように投影光学系のNAと画面サイズが大きくなってくると気圧等の環境が変化したときの光学特性の変化として投影倍率、歪曲収差の他にも球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲等の変化量が無視できない量になってくる。

【0008】 一般に気圧変化に対する投影光学系の収差の変化量はNAと画角に対応して大きくなる。例えば、NAが0.6、画面サイズが $\square 22\text{mm}$ の投影光学系の場合、各収差の気圧変化に対する変化量は大きな値になり、ハーフミクロン以下の回路パターンを投影露光する今日の投影露光装置では結像性能に重大な影響を与える。

【0009】 又、投影露光装置の組立、調整を行う場所

と実際に投影露光装置を使用する場所の標高差によって気圧差が存在する。その気圧差は100mあたり1.4hpaにもなり、その差によってレンズ系間の空気の屈折率が変化する為、実際の結像状態は所望のものとは異なってくる。この為、投影露光装置を設置する場所によっては、必要な結像性能が得られなくなってくるという問題点があった。

【0010】このような問題点を解決する為に、従来は投影露光装置の設置予定場所の標高（即ち気圧）を考慮してその気圧により発生する光学性能の誤差を見積って

10 おき、投影露光装置の設置時に所定の像性能が得られるように製造時に調整を加えるようにしていた。

【0011】ところが、この方法では投影光学系を各々の使用場所の標高に対応して各光学性能の標準状態からのオフセットを設定して調整を行う必要があり、調整管理が煩雑になるだけでなく、使用状態で性能確認が組立調整場所で行えないという問題点があった。

【0012】本出願人は、特開昭63-302519号公報で、この問題をうまく解消し得る投影露光装置を提案している。しかしながら、気圧変動による光学性能の

20 変動を、より精度良く補正できる投影露光装置が望まれている。

【0013】本発明は、レチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影する際、日常の気圧変動や設置場所の大気圧に対応する光学性能の変動を良好に補正し、高い光学性能が容易に得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決する為の手段】本発明の投影露光装置は、30 第1物体のパターンを投影光学系により第2物体上に投影する装置において、前記投影光学系に関連する気圧の変化を検出する気圧検出手段と、前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段と、前記気圧検出手段の出力を受け、前記気圧の変化による前記投影光学系の硝材の相対屈折率の変化を補正するように前記第1物体のパターンの投影に用いる光の波長を変える波長変更手段とを有することを特徴としている。

【0015】特に、

(イ) 前記第1物体のパターンを投影する時の投影倍率を調整する倍率調整手段を有すること。

(ロ) 前記倍率調整手段は、前記投影光学系の少なくとも一つのレンズを光軸方向に移動させるか又は／及び前記投影光学系と前記第1物体とを相対的に光軸方向に移動させる機構を備えること。

(ハ) 前記投影光学系のレンズ間の少なくとも一つの空間を外気から遮断されており、前記倍率調整手段は、前記空間内の気体の圧力又は／及び前記空間内の気体の成分を調整する機構を備えること。

(ニ) 前記投影光学系は単一の硝材より成るレンズ系を

有していること。

等の特徴としている。

【0016】本発明のデバイスの製造方法は、前述の各項に記載した投影露光装置を用いていることを特徴としている。

【0017】

【実施例】図1は本発明の投影露光装置の実施例1を示す概略図である。本実施例は気圧変化による投影光学系の光学性能の変化を調整する調整機構として気圧を測定する気圧測定手段からの信号を用いて波長可変手段により照明系からの光束の発振波長を変化させることにより該第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影する際の光学性能を調整したことを特徴としている。

【0018】この他、投影光学系の一部のレンズ系を光軸方向に移動させるか、又は／及び該投影光学系と該第1物体面とを相対的に光軸方向に移動させるようにしていることを特徴としている。

【0019】特に、本発明では光学性能としてフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲と歪曲収差を良好に補正していることを特徴としている。

【0020】図1において1は回路パターンが描かれた第1物体としてのレチクル、2はレチクル1を吸着保持するレチクルチャック、3はレチクルチャック2に取り付けたレチクル駆動装置、4はレチクル駆動装置3を支持するレチクルステージ、5は縮小型の投影レンズ系（投影光学系）、6A、6Bは各々投影レンズ系5を構成する部分レンズ系のフィールドレンズである（以下「フィールドレンズ6A、フィールドレンズ6B」と称す。）。）。40

【0021】7は単一の硝材より成るレンズ系であり、投影レンズ系5の一部を構成している。8はレンズ駆動装置であり、フィールドレンズ6Aを投影レンズ系5の光軸AX方向に移動させている。9はレジスト等の感光剤が塗布された第2物体としてのウエハ、10はウエハ9を吸着保持するウエハチャック、11はウエハチャック10に取り付けたウエハ駆動装置である。

【0022】レチクル駆動装置3とウエハ駆動装置11は各々、例えば圧電素子等から成り、レチクル駆動装置3によりレチクルチャック2を投影レンズ系5の光軸AX方向に変位せしめてレチクル1を光軸AX方向に移動させ、ウエハ駆動装置11によりウエハチャック10を投影レンズ系5の光軸AX方向に変位せしめてウエハ9を光軸AX方向に移動させる。12はウエハ駆動装置11を支持し、投影レンズ系5の光軸AXに直交する面内で移動可能なウエハステージを示す。

【0023】一方、レンズ駆動装置8は空気圧や圧電素子等を利用してフィールドレンズ6Aを投影レンズ系5の光軸AX方向に移動させるものである。レンズ駆動装

置8の具体的な構造は本件出願人による特開昭62-32613号公報に開示されているのでここでは説明を省略する。

【0024】レチクル駆動装置3によるレチクルチャック2の駆動はレチクル駆動制御系13からの信号に基づいて行われ、このときレチクル1の光軸AX方向の位置がレチクル位置検出器15により検出される。又、同様にレンズ駆動装置8によるフィールドレンズ6Aの駆動はレンズ駆動制御系16から信号に基づいて行われ、このときフィールドレンズ6Aの光軸AX方向の位置がレン

ズ位置検出器17により検出される。レチクル位置検出器15とレンズ位置検出器17は光学式エンコーダ等の各種の位置検出器で構成することができる。

【0025】又、ウエハ駆動装置11によるウエハチャック10の駆動はウエハ駆動制御系14からの信号に基づいて行われ、このときウエハ9（の表面）の光軸AX方向の位置はフォーカス検出器18により検出される。フォーカス検出器18は、この種の投影露光装置で従来から使用されてきた、例えばエアーセンサーや光学式センサーで構成されている。レチクル位置検出器15、

レンズ位置検出器17及びフォーカス位置検出器18からの各信号はマイクロプロセッサ23へ入力される。

【0026】一方、投影レンズ系5の周囲の気圧、気温、温度の変化を検出する為に気圧センサー（気圧測定手段）19、温度センサー20、湿度センサー21が設けられ、又投影レンズ系5の光吸収による温度変化を検出する為にレンズ温度センサー22が設けられており、これら各種センサー19、20、21、22からの信号もマイクロプロセッサ23へ入力される。又レチクル

駆動制御系13、レンズ駆動制御系16及びウエハ駆動制御系14はマイクロプロセッサ23により制御される。以上のうち各要素13、14、15、16、17は駆動手段の一部を構成している。

【0027】24はレチクル1の回路パターンを均一な照度で照明する照明系を示し、照明系24は発振波長 $\lambda = 248.4 \text{ nm}$ のレーザー光を放射するKrFエキシマレーザーを、露光用の光源として具備している。照明系24からのレーザー光はレチクル1と投影レンズ系5を介してウエハ9上に向けられ、ウエハ9上にレチクル1の回路パターン像が縮小投影されることになる。

【0028】本実施例では遠紫外域の波長を有するレーザー光で投影露光を行う為に投影レンズ系5を構成する各レンズを全て波長 $\lambda = 248.4 \text{ nm}$ の光に対して高い透過率を備えた合成石英（ $\text{SiO}_2$ ）で製造している。

【0029】次に本実施例における照明系24の各要素について説明すると、27はレーザー光源であり、後述する波長選択素子駆動制御系32により発振波長が制御された光束を放射している。25はコンデンサーレンズであり、レーザー光源27からの光束をミラー26で反

射させてレチクル1面上を均一照明している。

【0030】レーザー光源27はレーザー共振器28と波長選択素子29を有している。30は波長選択素子駆動装置、31は波長選択素子角度検出器、32は波長選択素子駆動制御系であり、これらの各要素は波長可変手段の一要素を構成している。

【0031】図2は図1のレーザー光源27の要部概略図である。波長選択素子29はプリズム、グレーティング、エタロン等を使用することにより波長帯域の狭帯域化を可能としている。同時にプリズム後の反射鏡、グレーティング、エタロンの角度を変えることによってレーザー共振器の本来の波長帯域範囲内で波長を変えることが可能である。

【0032】波長選択素子駆動装置30はステップモーターあるいは圧電素子等から成り、波長選択素子駆動制御系32からの信号に基づいて素子29を駆動する。このとき波長選択素子29の角度が波長選択素子角度検出器31により検出される。波長選択素子角度検出器31は、例えば光学式エンコーダ等の各種角度検出器で構成できる。波長選択素子角度検出器31からの信号はマイクロプロセッサ23へ入力される。又波長選択素子駆動制御系32はマイクロプロセッサ23により制御される。

【0033】図3は図1の投影レンズ系5の具体的なレンズ構成のレンズ断面図である。同図においてはレチクル1とウエハ9の間に、符号G1~G17で示される17枚のレンズが光軸AXに沿って配列されて投影レンズ系5が構成されている。

【0034】図3に示す投影レンズ系のレンズデータを〈表-1〉に示す。〈表-1〉中、 $R_i$  ( $i=1\sim34$ )はレチクル1側から順に数えて第i番目の面の曲率半径 (mm) を、 $D_i$ はレチクル1側から順に数えて第i番目と第i+1番目の面間の軸上肉厚又は軸上空気間隔 (mm) を、 $N_i$  ( $i=1\sim17$ )はレンズG1 ( $i=1\sim17$ )の屈折率を示す。又、S1はレチクル1の回路パターン面とレンズG1のレチクル1側のレンズ面との間の軸上空気間隔を、S2はレンズG17のウエハ9側のレンズ面とウエハ9表面との間の軸上空気間隔を示す。

【0035】本実施例の投影レンズ系5はNAが0.45、画面サイズが $\square 17 \text{ mm}$ の例である。

【0036】この例において、例えば気圧変化が30 hPaのときの投影レンズ系の像点のフォーカス位置の変化に伴うシフト量 $\Delta f$ （以下「フォーカス位置変化量 $\Delta f$ 」と称す）、球面収差の変化に伴うシフト量 $\Delta SA$ （以下「球面収差変化量 $\Delta SA$ 」と称す）、像面の像高12mmの位置における像点のコマ収差の変化に伴うシフト量 $\Delta CM$ （以下「コマ収差変化量 $\Delta CM$ 」と称す）、非点収差の変化に伴うシフト量 $\Delta AS$ （以下「非点収差変化量 $\Delta AS$ 」と称す）、メリディオナル方向像

面湾曲の変化に伴うシフト量 $\Delta M$ （以下「メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 」と称す）、サジタル方向像面湾曲の変化に伴うシフト量 $\Delta S$ （以下「サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 」と称す）、対称歪曲収差の投影倍率の変化に伴う変化量（像高12mmにおける像高の移動量） $\Delta Y$ （以下「対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ 」と称す）とする。

【0037】このときの、これらの光学特性の変化量は、

フォーカス位置変化量 $\Delta f$ : 5.05 $\mu$ m

球面収差変化量 $\Delta SA$ : 0.286 $\lambda$

コマ収差変化量 $\Delta CM$ : 0.120 $\lambda$

非点収差変化量 $\Delta AS$ : 16nm

メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ : 49nm

サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ : 16nm

対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ : 140nm

となる。本実施例ではこのような気圧変化があったときの投影光学系の光学性能を次のようにして補正している。

【0038】即ち、気圧の変動によって投影光学系5の光学性能が変化するが、本実施例では照明系24からの発振波長 $\lambda$ を変数として波長可変手段で調整することにより投影光学系5のフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差等の光学性能を調整するようにしている。以下、その原理について説明する。

【0039】今、気圧を変数 $X$ とし、その変化量を $\Delta X$ とする。このとき図1の投影レンズ系のフォーカス位置変化量 $\Delta f$ 、球面収差変化量 $\Delta SA$ 、コマ収差変化量 $\Delta CM$ 、非点収差変化量 $\Delta AS$ 、メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 、サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 、対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ は各々次式で表すことができる。

【0040】

【数1】

$$\left. \begin{aligned} \Delta f &= \Delta f_X (\Delta X) \\ \Delta SA &= \Delta SA_X (\Delta X) \\ \Delta CM &= \Delta CM_X (\Delta X) \\ \Delta AS &= \Delta AS_X (\Delta X) \\ \Delta M &= \Delta M_X (\Delta X) \\ \Delta S &= \Delta S_X (\Delta X) \\ \Delta Y &= \Delta Y_X (\Delta X) \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

40

ここで $\Delta f_X$ 、 $\Delta SA_X$ 、 $\Delta CM_X$ 、 $\Delta AS_X$ 、 $\Delta M_X$ 、 $\Delta S_X$ 、 $\Delta Y_X$ は $\Delta X$ から算出されるレンズと空気との間の相対屈折率（屈折率比）の変化量から決まる、 $\Delta X$ を変数とする関数である。

【0041】又、発振波長 $\lambda$ を変数とし、その変化量を $\Delta \lambda$ とする。このとき図1のレンズ系の（1）式と同様のフォーカス位置変化量 $\Delta f$ 、球面収差変化量 $\Delta SA$ 、コマ収差変化量 $\Delta CM$ 、非点収差変化量 $\Delta AS$ 、メリディオナル方向像面湾曲変化量 $\Delta M$ 、サジタル方向像面湾曲変化量 $\Delta S$ 、対称歪曲収差と投影倍率の変化量 $\Delta Y$ は各々次式で表すことができる。

【0042】

【数2】

$$\left. \begin{aligned} \Delta f &= \Delta f_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta SA &= \Delta SA_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta CM &= \Delta CM_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta AS &= \Delta AS_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta M &= \Delta M_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta S &= \Delta S_\lambda (\Delta \lambda) \\ \Delta Y &= \Delta Y_\lambda (\Delta \lambda) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

ここで $\Delta f_\lambda$ 、 $\Delta SA_\lambda$ 、 $\Delta CM_\lambda$ 、 $\Delta AS_\lambda$ 、 $\Delta M_\lambda$ 、 $\Delta S_\lambda$ 、 $\Delta Y_\lambda$ はレンズと空気との間の相対屈折率を $\Delta \lambda$ により変化させることから算出される、 $\Delta \lambda$ を変数とする関数である。

【0043】以上より気圧が $\Delta X$ 変化したときにフォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、歪曲収差と投影倍率を補正する波長の変化量 $\Delta \lambda'$ は（1）、

（2）両式より、次の式で与えられる。

【0044】

【数3】

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta \lambda' &= -\Delta f_{\lambda}^{-1} (\Delta f_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta S A_{\lambda}^{-1} (\Delta S A_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta C M_{\lambda}^{-1} (\Delta C M_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta A S_{\lambda}^{-1} (\Delta A S_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta M_{\lambda}^{-1} (\Delta M_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta S_{\lambda}^{-1} (\Delta S_X (\Delta X)) \\
 \Delta \lambda' &= -\Delta Y_{\lambda}^{-1} (\Delta Y_X (\Delta X))
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (3)$$

(3)式において(1)式の $\Delta f_{\lambda}$ 、 $\Delta S A_{\lambda}$ 、 $\Delta C M_{\lambda}$ 、 $\Delta A S_{\lambda}$ 、 $\Delta M_{\lambda}$ 、 $\Delta S_{\lambda}$ 、 $\Delta Y_{\lambda}$ と、(2)式の $\Delta f_X$ 、 $\Delta S A_X$ 、 $\Delta C M_X$ 、 $\Delta A S_X$ 、 $\Delta M_X$ 、 $\Delta S_X$ 、 $\Delta Y_X$ は全てレンズと空気との相対屈折率により決まる関数であるから、ここで得られた $\Delta \lambda'$ は気圧の変化によって生じた相対屈折率の変化分(屈折率比の誤差)を補正するような量である。

【0045】結局 $\Delta \lambda'$ は相対屈折率(屈折率比)を基準値に補正する量であるから、一意に定めることが可能であり、フォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差、投影倍率を同時に補正することが可能となる。

【0046】次に図1に示す投影露光装置において具体的にレチクル1面上のパターンをウエハ9面上に投影する際のフォーカス位置誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差、歪曲収差誤差と投影倍率誤差の補正方法について説明する。

【0047】マイクロプロセッサ23はそのメモリ内に気圧センサー19の周囲気圧計測値より投影レンズ系5のレンズ系間の空気の相対屈折率変化量を求めるための計算式がプログラムされており、各々の計算式は気圧の予め決めた基準値からの変動量が変数となっている。

【0048】又、このメモリには上述の計算式(3)もプログラムされており、気圧の基準値からの変化量の値 $\Delta X$ を計算式(3)に代入することにより、変数の変化させるべき量 $\Delta \lambda'$ を求める。尚、 $\Delta \lambda'$ の値を気圧変化に基づいて求める計算式はシミュレーションによって導出することができる。

【0049】一方、波長 $\lambda$ の検出器である波長選択素子角度検出器31からの変数 $\lambda$ の設定状態に対応した信号がマイクロプロセッサ23へ入力される。マイクロプロセッサ23は変数 $\lambda$ の変化させるべき量 $\Delta \lambda'$ に対応する信号を変数 $\lambda$ の駆動制御系である波長選択素子駆動制御系32へ入力する。そして波長選択素子駆動制御系32が波長選択素子駆動制御装置30に所定の制御信号を与え、変数 $\lambda$ の変化させるべき量 $\Delta \lambda'$ の駆動が行われる。この変数 $\Delta \lambda'$ の駆動により投影レンズ系5の周囲の気圧の変動に基づくパターン像のフォーカス位置誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差、歪曲収差誤差と投影倍率誤差が補正される。

【0050】本実施例においては、まず投影光学系の組

立・調整場所の基準気圧と露光光源の基準波長に対し、良好な像性能となるよう組立・調整を行った後、出荷し、装置の使用場所に設置した際に組立・調整場所との標高差に対応する気圧差に基づいて露光波長を変化させ、使用場所における基準波長として設定することで標高差による変化を良好に補正するようにしている。

【0051】次に日常の気圧変動に対応する為に処理すべきウエハが投影露光装置に搬入される度に気圧を測定し、この測定結果に基づき投影露光波長を変化させて投影露光を行うようにすることで、日常の気圧変動に対して投影光学系の像性能が常に良好に保たれるようにしている。

【0052】以上に加えて、この投影露光装置は上述の構成とは独立にプロセス間での倍率差を補正したり、プロセス間で異なった装置を使用した場合等に起きる装置間の倍率誤差を補正する為の投影倍率の調整機構を有している。

【0053】投影倍率の調整手段としては図1に示すようにレチクル1又は投影レンズ系5内のフィールドレンズ6を移動させるようにした駆動機構(レチクル駆動装置3、レンズ駆動装置8)を用いている。

【0054】この場合、図1に示すフィールドレンズ6は1枚に限らず複数個のレンズより構成しても良い。このように気圧変動による像性能の補正機能の他に投影露光倍率の補正機構を設けているのは、前記したようにプロセス間で発生する倍率差や各プロセス間で異なった装置を用いた場合に発生する装置間での投影倍率誤差等を補正する為のもので、倍率誤差補正機能を設定する箇所として適度な倍率変化を有し、他収差への影響が小さいところをシミュレーション等により選択して設定すると好都合である。

【0055】又、投影レンズ系5によるパターン像のフォーカス位置は投影レンズ系5の周囲の気温、湿度及び投影レンズ系5の温度に依存して変化し、これに加えて上述の投影倍率の補正手段の設定状態にも依存して変化する。

【0056】従って本実施例ではこれらの変動要因に基づいて投影レンズ系5のフォーカス位置変動量を求めるための計算式をマイクロプロセッサ23のメモリ内にプログラムし、この計算式に基づいてフォーカス位置を正確に把握するようにしている。

【0057】更にマイクロプロセッサ23は波長 $\lambda$ の

検出器である波長選択素子角度検出器31、気圧センサー19、温度センサー20、湿度センサー21、及びレンズ温度センサー22からの信号に基づいて投影レンズ系5によるパターン像のフォーカス位置を検出し、フォーカス位置検出器18からのウエハ9（の表面）の位置に応じた信号に基づいてウエハ9がフォーカス位置に位置決めされるようにウエハ駆動制御系13を制御する。ウエハ駆動制御系13は所定の信号をウエハ駆動装置11に与え、ウエハ駆動装置11によりウエハ9を光軸AX方向に移動させてパターン像のフォーカス位置にウエハ9を位置づけている。

【0058】以上に述べた動作で周囲の気圧の変化に対してフォーカス位置、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差と投影倍率を基準となる気圧で設定した値に補正し、所望の良好なパターン像を得ている。つけ加えてパターン像の投影倍率を前記した倍率調整手段により前工程で形成されたパターンの倍率に補正することにより前工程でウエハ9上に形成されたパターンと投影露光すべきパターン像とを正確に重ね合わせている。

【0059】図4は本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図である。本実施例では図1の実施例1のレチクルやフィールドレンズを駆動する替わりに、投影光学系の光学性能を調整する調整機構として該投影光学系のレンズ系の少なくとも1つの空間を外気から遮断し、該空間内の気圧又は気体の成分等を調整するようにした点が異なっており、その他の構成は基本的に同じである。図中、図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0060】次に本実施例の構成上の特徴について図1の構成と異なる点を中心に説明する。図4において33は外気から遮断されたレンズ系中の空間である。空間33には該空間33内の圧力（気圧）を計測する為の圧力センサー（気圧測定手段）37と空間33内の圧力を制御する為の圧力制御装置34が連結されている。そして圧力制御装置34にはフィルタ36Aを通して加圧供給

器36Bから定常的に一定の圧力が供給され、又排気装置35により必要に応じて排気している。空間33内の圧力を検出する圧力センサー37からの信号もマイクロプロセッサ23へ入力されている。これらの各要素34、35、37は気圧調整手段の一部を構成している。

【0061】本実施例では投影光学系の光学性能の調整を図4に示すように投影レンズ系5において少なくとも1つの空間を外気から遮断して外気から遮断した空間33を設け、外気から遮断した空間33内の気圧又は気体成分を調整する調整機構（圧力制御装置34）を用いて行っている。

【0062】この場合、図4に示す外気から遮断した空間33内の圧力を変化させて空気の屈折率を制御する代わりに空間内にN<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>等の気体を封入したり、又は複数の気体を混合し、分圧を制御しても良い。

【0063】更に図4において外気から遮断された空間を複数個、又は複数の空間を連結して、該空間内の気圧等を制御するようにしても前述と同様の効果を得ることができる。又光学性能の調整手段として図1のレチクル又は投影レンズ系5内のフィールドレンズ6を移動させるようにした駆動装置（レチクル駆動装置3、レンズ駆動装置8）を用いる方法と、図4の投影レンズ系5において少なくとも1つの空間を外気から遮断して外気から遮断した空間33を設け、外気から遮断した空間33内の気圧又は気体成分を調整する装置（圧力制御装置37）を用いる方法を組み合わせて行っても良い。両方法を組み合わせて用いる場合、計算式は複雑になるが、変数の駆動量に限界がある場合に特に有効である。

【0064】本発明において投影光学系の構成を単一硝材としているが、必ずしも100%単一硝材で構成しななければならないわけではなく、一部を他硝材で構成して本発明と同様の補正を行い、補正誤差を許容値に収めるように設定することも可能である。

【0065】

【表1】

〈表-1〉

		S 1:	120.00000		
G 1	R 1:	4288.31660	D 1:	20.00000	N 1: 1.50841
	R 2:	-194.67943	D 2:	12.50000	
G 2	R 3:	316.51971	D 3:	17.65000	N 2: 1.50841
	R 4:	-645.60624	D 4:	0.65000	
G 3	R 5:	159.56222	D 5:	9.00000	N 3: 1.50841
	R 6:	106.44033	D 6:	144.25282	
G 4	R 7:	-262.91712	D 7:	9.60000	N 4: 1.50841
	R 8:	-283.21210	D 8:	1.93700	
G 5	R 9:	-261.37159	D 9:	8.00000	N 5: 1.50841
	R10:	75.51789	D10:	19.25000	
G 6	R11:	-85.44995	D11:	8.00000	N 6: 1.50841
	R12:	478.74733	D12:	31.80619	
G 7	R13:	-212.80570	D13:	25.77500	N 7: 1.50841
	R14:	-140.88403	D14:	1.00000	
G 8	R15:	476.10689	D15:	28.80000	N 8: 1.50841
	R16:	-175.80636	D16:	1.20000	
G 9	R17:	191.89002	D17:	26.50000	N 9: 1.50841
	R18:	-376.32283	D18:	1.00000	
G10	R19:	195.90907	D19:	20.00000	N10: 1.50841
	R20:	728.48554	D20:	2.00000	
G11	R21:	199.33045	D21:	29.77500	N11: 1.50841
	R22:	73.28895	D22:	44.25251	
G12	R23:	-97.77667	D23:	14.40000	N12: 1.50841
	R24:	-167.01740	D24:	47.13922	
G13	R25:	-60.37811	D25:	24.00000	N13: 1.50841
	R26:	-74.57920	D26:	1.20000	
G14	R27:	-1642.28154	D27:	23.00000	N14: 1.50841
	R28:	-229.79037	D28:	1.20000	
G15	R29:	310.70111	D29:	23.00000	N15: 1.50841
	R30:	-498.20086	D30:	1.20000	
G16	R31:	152.70093	D31:	22.20000	N16: 1.50841
	R32:	2145.05915	D32:	1.20000	
G17	R33:	118.62840	D33:	24.00000	N17: 1.50841
	R34:	205.54691	S 2:	88.74807	

次に上記説明した投影露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0066】図5は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローチャートである。

【0067】本実施例においてステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0068】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0069】次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封

入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0070】図6は上記ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。まずステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0071】ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらの

ステップを繰り返し行うことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0072】本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度のデバイスを容易に製造することができる。

【0073】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、レチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影する際、日常の気圧変動や設置場所の大気圧に対応する光学性能の変動を、適切に設定した気圧測定手段や調整機構を用いることにより良好に補正し、高い光学性能が容易に得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0074】特に本発明によれば、

(イ) 投影光学系の周囲の気圧を測定して、その気圧変化量に基づいて照明系からの光束の発振波長を変化させることにより、第1物体に描かれたパターンの投影光学系によるパターン像のフォーカス位置、投影倍率、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲と歪曲収差を正確に調整することができる。

【0075】(ロ) 投影光学系において日常の気圧変化や設置場所の標高差により気圧が変化してパターン像の像性能が悪化するような場合においてもパターン像のフォーカス位置誤差、投影倍率誤差、球面収差誤差、コマ収差誤差、非点収差誤差、像面湾曲誤差と歪曲収差誤差を良好に補正することができる。

【0076】(ハ) 集積回路の製造工程ではウエハ上に各々プロセスに対応した電子回路パターンが形成されているレチクルを数多く重ねて投影露光するが、各プロセスで発生する倍率の誤差や、各プロセス間で異なった装置を用いた場合に発生する装置間の投影倍率誤差を調整機構により補正することでレチクルとウエハを重ね合わせる際のマッチング精度を良好に保つことができる。等の効果を有した投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投影露光装置の実施例1の要部概略図

【図2】図1のレーザー光源の説明図

【図3】図1の投影レンズのレンズ断面図

【図4】本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図

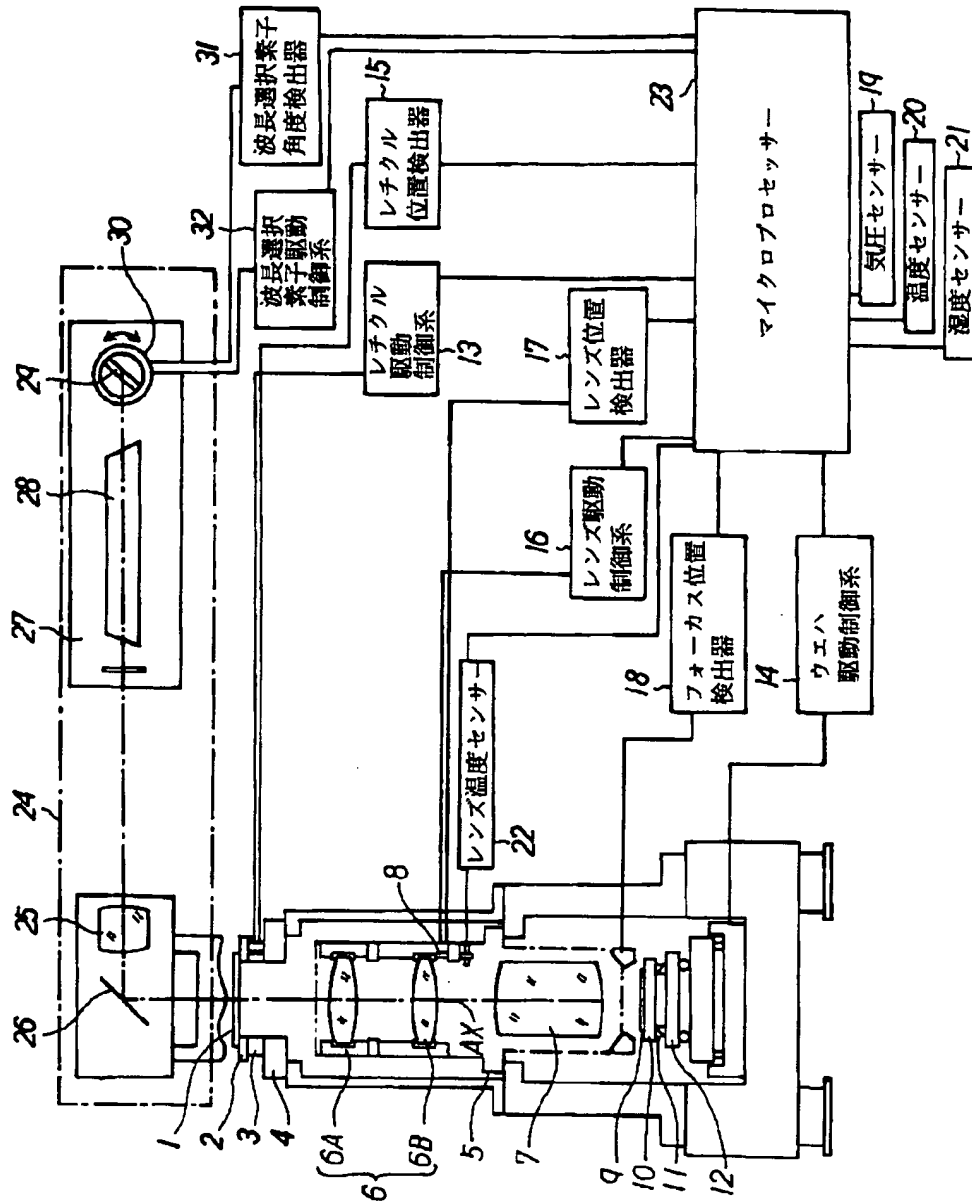
【図5】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図6】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

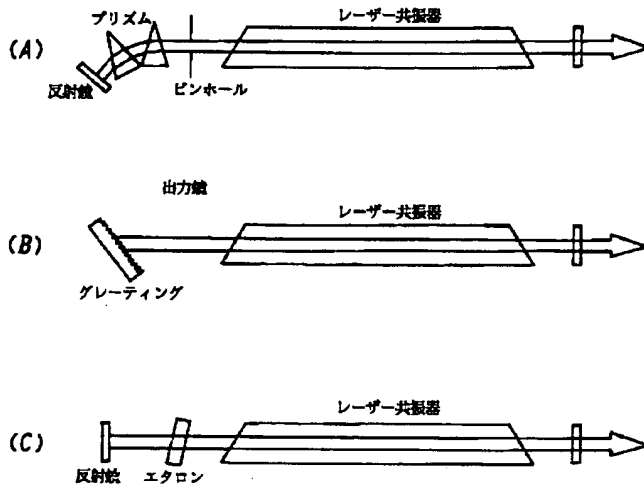
【符号の説明】

- |          |             |
|----------|-------------|
| 1        | レチクル        |
| 2        | レチクルチャック    |
| 3        | レチクル駆動装置    |
| 4        | レチクルステージ    |
| 10 5     | 投影レンズ系      |
| 6 A, 6 B | フィールドレンズ    |
| 7        | レンズ系        |
| 8        | レンズ駆動装置     |
| 9        | ウエハ         |
| 10       | ウエハチャック     |
| 11       | ウエハ駆動装置     |
| 12       | ウエハステージ     |
| 13       | レチクル駆動制御系   |
| 14       | ウエハ駆動制御系    |
| 20 15    | レチクル位置検出器   |
| 16       | レンズ駆動制御系    |
| 17       | レンズ位置検出器    |
| 18       | フォーカス位置検出器  |
| 19       | 気圧センサー      |
| 20       | 温度センサー      |
| 21       | 湿度センサー      |
| 22       | レンズ温度センサー   |
| 23       | マイクロプロセッサ   |
| 24       | 照明系         |
| 30 25    | コンデンサーレンズ   |
| 26       | ミラー         |
| 27       | レーザー光源      |
| 28       | レーザー共振器     |
| 29       | 波長選択素子      |
| 30       | 波長選択素子駆動装置  |
| 31       | 波長選択素子角度検出器 |
| 32       | 波長選択素子駆動制御系 |

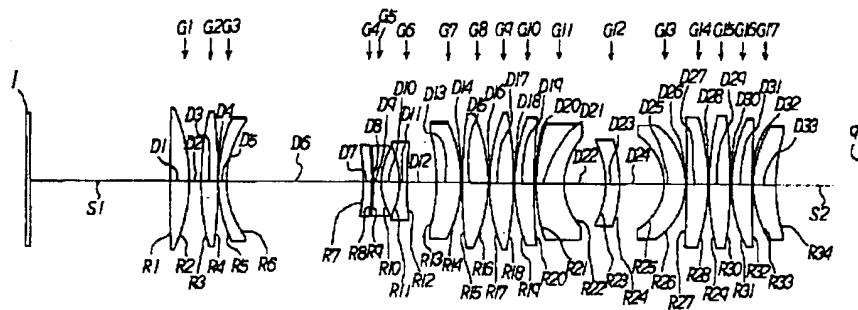
【図1】



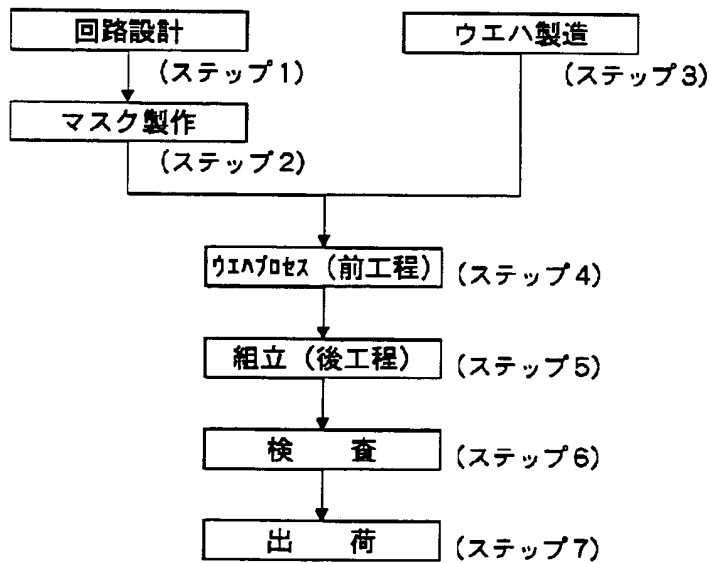
【図 2】



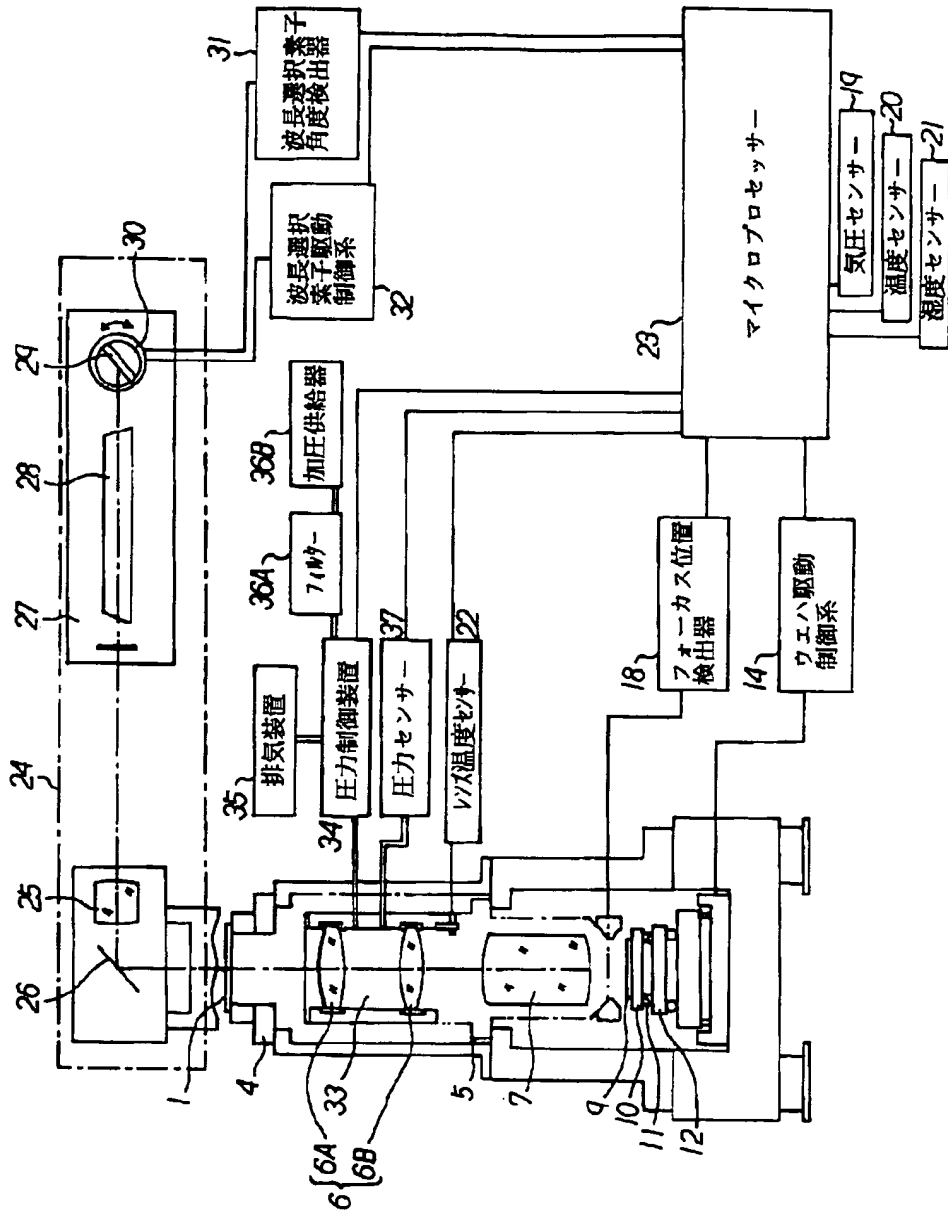
【図 3】



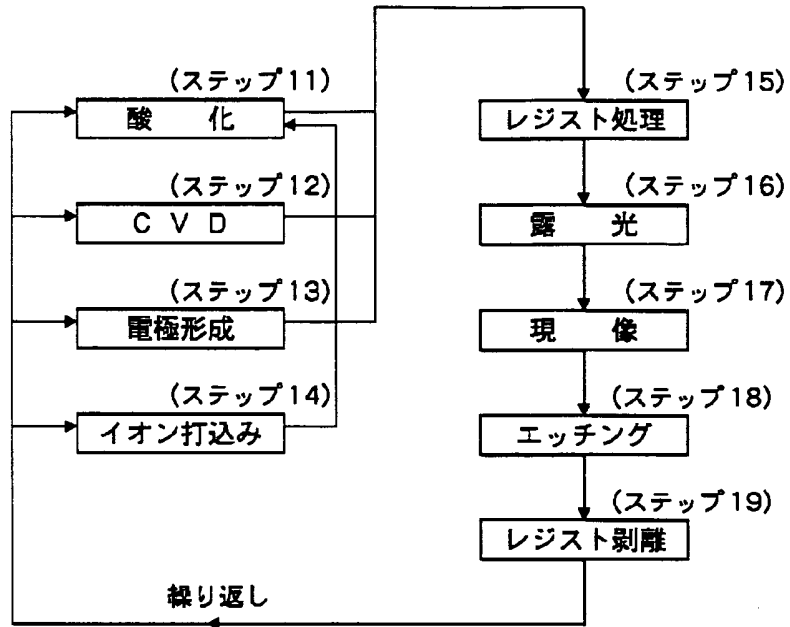
【図 5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/30

5 1 6 Z